

REC'D 17 NOV 2003
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 42 386.5

Anmeldetag: 12. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert

IPC: H 04 M, H 04 Q

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 8. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Scholz



Beschreibung

Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert

- 5 Die Erfindung betrifft ein Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert mit mindestens einer Leiterplatte und mit mindestens einer daran angekoppelten Antenne zum Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern.
- 10 Bei Funkkommunikationsgeräten ist es wünschenswert, die Belastungsdosis an elektromagnetischer Strahlung im Körpergewebe eines Benutzers beim Tragen des Funkkommunikationsgerätes am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers möglichst niedrig zu halten. Ein spezifisches Messkriterium dafür, welchen Strahlungsbelastungen der jeweilige Benutzer tatsächlich ausgesetzt ist, ist insbesondere der sogenannte SAR-Wert (Specific Absorption Rate). Dieser gibt die spezifische Absorptionsrate in Watt pro Kilogramm an, mit der ein vorgegebbarer Gewebsvolumenbereich, wie z.B. im Kopf des jeweiligen Benutzers, durch die elektromagnetischen Funkstrahlungsfelder thermisch belastet wird. Zur Bestimmung der SAR-Werte von Funkkommunikationsgeräten als Maß für die thermische Aufheizung eines bestimmten Gewebsvolumenbereichs wird vorzugsweise ein Messverfahren verwendet, wie es detailliert im europäischen Normenvorschlag EN 50361 beschrieben ist.
- 30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Weg aufzuzeigen, wie der SAR-Wert eines Funkkommunikationsgeräts in einfacher Weise gezielt weiter reduziert werden kann. Diese Aufgabe wird bei einem Funkkommunikationsgerät der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass mindestens ein erstes zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturalelement zur SAR-Wertreduzierung derart an die Leiterplatte angekoppelt und ausgebildet ist, dass die Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage
- 35

von elektrischen Strömen auf der Antenne, der Leiterplatte, und dem Korrekturlement zueinander so eingestellt sind, dass das Maximum der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme resultierenden SAR-Verteilung im Körpergewebe eines Benutzers beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich dieses Benutzers minimal wird.

Es ist also mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturlement so an die Leiterplatte angekoppelt und ausgebildet, dass der auf ihm zum Fließen kommende elektrische Strom hinsichtlich Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage an die elektrischen Ströme auf der Antenne und der Leiterplatte derart angepasst ist, dass insgesamt aufgrund dieser Ströme ein SAR-Feld mit minimiertem Maximum bewirkt ist. Auf diese Weise sind unzulässig hochdosierte „hot spots“, d.h. Gewebsvolumenbereiche höherer thermischer Belastung gegenüber Gewebsvolumenbereichen geringerer Erwärmung beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts, wie z.B. beim Tragen am Körper oder beim Einbringen zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich dieses Benutzers, weitgehend vermieden. Mit anderen Worten ausgedrückt kann also der für das jeweilige Funkkommunikationsgerät charakteristische SAR-Wert weiter abgesenkt werden.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Leiterplatte mit mindestens einem zusätzlichen, SAR-Wert-reduzierenden Korrekturlement für ein erfindungsgemäßes Funkkommunikationsgerät.

Sonstige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 schematisch in perspektivischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts, an dessen Leiterplatte zusätzlich ein erstes stromleitfähiges, SAR-Wert-reduzierendes Korrekturelement angekoppelt ist, in das zur Abstimmung bzw. zum Tunen des dortigen Stromflusses ein zweites stromleitfähiges Korrekturelement integriert ist,

Figur 2 in schematischer Darstellung die Leiterplatte des Funkkommunikationsgeräts nach Figur 1 mit dem ersten angekoppelten, SAR-Wert-reduzierenden Korrekturelement, in das zur Abstimmung des dortigen Stromflusses ein gegenüber Figur 1 modifiziertes, zweites stromleitfähiges Korrekturelement integriert ist,

Figur 3 ein vereinfachtes elektrisches Ersatzschaltbild für das SAR-Wert-reduzierende Korrekturelement von Figur 2 mit dessen zweitem Korrekturelement in Bezug auf deren Ankopplung an die Leiterplatte,

Figur 4 schematisch in räumlicher Darstellung ein idealisiertes, weitgehend harmonisiertes SAR-Feld über die Gesamtfläche der Leiterplatte des Funkkommunikationsgeräts nach Figur 1 betrachtet, das sich aufgrund des überlagerten Gesamtstromflusses der elektrischen Ströme auf der Leiterplatte, dem daran angekoppelten, ersten und zweiten Korrekturelement, sowie der Antenne insgesamt einstellt und in seiner Amplitude kleiner als ohne Korrekturmaßnahme ist,

Figur 5 schematisch in räumlicher Darstellung eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts, bei dem die Mittel zum Abstimmen der Phasenlage und/oder Amplitude des elektrischen Stroms auf dem ersten Korrekturelement gegenüber

den Abstimmmitteln des Funkkommunikationsgeräts von Figur 1 modifiziert sind,

Figur 6 schematisch in räumlicher Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts mit weiteren, alternativen Abstimmmitteln für dessen SAR-Wert-reduzierende Korrektur-element, und

Figur 7 in schematischer Darstellung die örtliche Verteilung des für den SAR-Effekt wirksamen elektrischen Summenstromes, der beim Betrieb des Funkkommunikationsgeräts nach Figur 1 entlang der Längserstreckung dessen Leiterplatte ohne und mit erfindungsgemäß abgestimmtem Korrekturelement zum Fließen kommt.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 mit 7 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung beispielhaft ein erstes Funkkommunikationsgerät MP. Von dessen Komponenten sind der zeichnerischen Einfachheit halber lediglich solche dargestellt, die primär Auswirkungen auf den SAR-Effekt (Specific Absorption Rate) des Funkkommunikationsgeräts MP haben. Im Einzelnen ist dies eine Leiterplatte bzw. Leiterplatte LP sowie eine an diese angekoppelte Funkantenne AT1. Beide Komponenten sind zusammen im Inneren eines Gehäuses GH der Dicke H untergebracht, dessen Außenkonturen in der Figur 1 lediglich strichpunktiert angedeutet sind, um einen Blick ins Innere des Funkkommunikationsgeräts MP freizugeben. Auf der Leiterplatte LP sind die üblichen elektrischen Baugruppen zum Senden und/oder Empfangen von Funksignalen wie z.B. eine Hochfrequenzbaugruppe, eine Energieversorgungseinheit, wie z.B. eine Batterie oder ein Akkumulator, sowie ein oder mehrere weitere elektrische Baugruppen zur Steuerung der Ein- und/oder Ausgabeelemente des Funkkommunikationsgeräts(,

wie z.B. dessen Tastatur, Display, Lautsprecher, usw.) und zur Signalverarbeitung der mittels der Hochfrequenzbaugruppe empfangenen und/oder über diese abzusendenden Funksignale untergebracht. Diese elektrischen Baugruppen sind in der Figur 1 der Übersichtlichkeit halber weggelassen worden. Lediglich ein Teil einer Hochfrequenzbaugruppe HB1 ist im Bereich der oberen Stirnseite SRO der Leiterplatte LP mit eingezeichnet. Diese Hochfrequenzbaugruppe HB1 ist in einem Teilbereich der oberen Hälfte der Leiterplatte LP vorgesehen. An sie ist über einen mechanischen und elektrischen Kontakt COA die Sende-/Empfangsantenne AT1 zur Abstrahlung und/oder zum Empfang elektromagnetischer Funkwellen angeschlossen. Sie erhält von dort elektrische Energie einer Energieversorgungseinheit, die hier in der Figur 1 der Übersichtlichkeit halber ebenfalls weggelassen worden ist. Die Antenne AT1 ist zweckmäßigerweise auf derjenigen Bestückungsfläche der Leiterplatte LP angeordnet, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers von diesem abgewandt ist. Hier im Ausführungsbeispiel von Figur 1 ist die Antenne AT1 auf der Rückseite der Leiterplatte LP angeordnet. Die Antenne AT1 ist vorzugsweise als Planar- bzw. Flachantenne ausgebildet. Für sie kann insbesondere eine sogenannte PIFA-Antenne (Planar Inverted F-Antenne) verwendet sein. Selbstverständlich kann es auch zweckmäßig sein, sonstige übliche Funkantennen, wie z.B. nach außen, aus dem Gehäuse GH abstehende Stummelantennen, an der Leiterplatte LP anzubringen.

Die Antenne AT1 ist im Ausführungsbeispiel von Figur 1 annäherungsweise rechteckförmig ausgebildet. Sie ist mit Hilfe der Kontaktierung COA ausgehend vom oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP in einen Raumbereich hinein positioniert, der von den vier Seitenrändern SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte entlang der Flächennormalen deren Bestückungsfläche eingeschlossen wird. Die gedachte orthogonale Projektion der Antenne AT1 auf die Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte

te LP liegt also im Wesentlichen innerhalb der durch die Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte LP aufgespannten Begrenzungsfläche. Mit anderen Worten ausgedrückt heißt das, dass die Antenne AT1 nicht über die vier Seitenränder der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP hinaus verlängernd absteht. Somit ist die Leiterplattenoberfläche durch die angekoppelte Antenne AT1 weder verlängert noch verbreitert. Die Antenne AT1 liegt also wie eine weitere Schicht über und/oder unter der Lageebene der Leiterplatte LP innerhalb des von deren vier Seitenrändern begrenzten Raumbereichs. Durch diese Antennenanordnung lassen sich in vorteilhafter Weise kompakte Geräteabmessungen realisieren.

Die Leiterplatte LP von Figur 1 weist räumlich betrachtet im Wesentlichen eine flach rechteckförmige Quaderform auf, d.h. ihre vier Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU bilden zusammengesetzt die Außenkontur eines Rechtecks. Die Abmessungen der Leiterplatte LP, d.h. deren Länge L und deren Breite B, sind vorzugsweise derart dimensioniert, dass die Längserstreckung L der Leiterplatte LP größer als deren Breite B ist. Ihre räumlich geometrischen Verhältnisse sind in der Figur 1 dadurch veranschaulicht, dass dort zusätzlich die Koordinaten X, Y und Z eines kartesischen Koordinatensystems mit eingezeichnet sind. Dabei erstreckt sich die X-Koordinate entlang den Längsseiten SRL, SRR der Leiterplatte LP, während die Y-Richtung parallel zu den Breitseiten SRO, SRU der Leiterplatte LP verläuft. Die Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP liegt somit im Wesentlichen in der X,Y-Ebene. Die Z-Richtung ist dabei der Höhe bzw. Dicke der Leiterplatte LP mit ihren verschiedenen Komponenten, wie z.B. der Hochfrequenzbaugruppe HB1, sowie sonstigen Auswerte-/Steuerbaugruppen zugeordnet.

Die Rechtecksform der Leiterplatte eignet sich vorzugsweise zum Einbau in ein flaches, im Wesentlichen quaderförmiges Gehäuse wie z.B. GH von Figur 1. Die Leiterplatte LP ist hier im Ausführungsbeispiel von Figur 1 bezüglich ihrer Abmessun-

gen, d.h. Länge L und Breite B sowie Dicke, derart dimensioniert, dass sie sich weitgehend passgenau im Gehäuse GH unterbringen lässt. In der Praxis werden die Abmessungen der Leiterplatte, d.h. deren Länge, Breite sowie Dicke, im wesentlichen durch die jeweilig gewünschte Geometrieform des Gehäuses begrenzt. Je nach Designform des Gehäuses sind die Außenkonturen der Leiterplatte zweckmäßigerweise an die Abmessungen und Geometrieform dieses Gehäuses angepasst gewählt. Die Leiterplatte kann deshalb auch kreisrunde, ovale oder sonstige Geometrieformen aufweisen.

Bei einer solchen Struktur aus mindestens einer Leiterplatte und mindestens einer daran angeschlossenen Funkantenne kommt es im Funkbetrieb, d.h. beim Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern, zu einem Stromfluss auf der Leiterplatte. Denn die jeweilige Leiterplatte, wie z.B. LP, wirkt bezogen auf den Stromspeisungspunkt, wie z.B. COA, ihrer stirnseitig angekoppelten Antenne, wie z.B. AT1, in erster Näherung als eine Art ergänzender zweiter Antennenzweig zur eigentlichen Funkantenne, wie z.B. AT1, so dass insgesamt durch die Leiterplatte und der daran angekoppelten Antenne ein Strahlungsdipol gebildet ist. Die jeweilige Leiterplatte, wie z.B. LP, ist dabei aufgrund ihrer elektrischen Baugruppen, deren elektromagnetische Abschirmgehäuse, Verbindungsleiterbahnen zwischen den elektronischen Komponenten der Baugruppen sowie sonstigen elektronischen Bestückungselementen stromleitfähig.

Insbesondere wenn die Sende- und/oder Empfangsantenne AT1 des Funkkommunikationsgeräts MP von Figur 1 als $\lambda/4$ -Antenne ausgebildet ist, bildet diese zusammen mit der Leiterplatte LP einen Strahlungsdipol. Ist die Funkantenne AT1 auf Senden und/oder Empfangen geschaltet, so wird ein Stromfluss I1 auf der Leiterplatte LP mit einer Hauptvorzugsrichtung entlang deren Längserstreckung L hervorgerufen. In der Figur 1 ist dieser gerichtete Stromfluss I1 auf der Leiterplatte LP durch einen Pfeil in X-Richtung charakterisiert. Er repräsentiert

dabei den Summenstrom $I_1(X)$ an jeder Längsortposition X der Leiterplatte LP , der daraus resultiert, dass an jeder Längsortposition X die Teilströme mit Hauptvorzugsrichtung in X -Richtung über die Gesamtquerschnittsbreite B , d.h. in Y -Richtung, fiktiv aufsummiert bzw. aufintegriert worden sind. Diese längsortsabhängige Verteilung des Summenstroms $I_1(X)$ ist für die Leiterplatte LP von Figur 1 in der Figur 7 schematisch anhand eines Stromdiagramms dargestellt. In der Figur 7 ist entlang der Abszisse die X -Richtung aufgetragen, während der Ordinaten der über die Gesamtquerschnittsbreite B der Leiterplatte LP aufsummierte Summenstrom $I_1(X)$ für unterschiedliche Längsortpositionen X entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP zugeordnet ist. Mit der örtlichen Verteilung dieses Summenstromflusses stehen zum einen H -und/oder E -Felder, d.h. magnetische und/oder elektrische Felder, korrespondierend in Wechselbeziehung, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper eines Benutzers, insbesondere beim Einbringen des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers eine entsprechende thermische Erwärmung des dortigen organischen Gewebes je nach der örtlichen Verteilung von Maxima und Minima bewirken können. Zum anderen scheint eine weitere Wechselwirkung zwischen dem elektrischen Stromfluss $I_1(X)$ mit einer Hauptvorzugsrichtung in X -Richtung auf der Leiterplatte LP und magnetischen und/oder elektrischen Feldstärkefeldern gegeben zu sein, die lokal im Nahbereich der Antenne $AT1$ bei deren Funkbetrieb entstehen.

Bei der Untersuchung des SAR-Effekts haben umfangreiche Tests mit einer H -Feld- und/oder E -Feld-Messsonde in einem Modellkopf, der mit einer Glukoselösung gefüllt war, und an den ein Funkkommunikationsgerät mit einer herkömmlichen, konventionellen Leiterplatte entsprechend LP von Figur 1 angelegt war, gezeigt, dass die thermische Erwärmung der Glukoselösung im Modellkopf örtlich schwankt bzw. variiert, d.h. eine örtliche SAR-Verteilung mit Maxima und Minima vorliegt. Dieses örtlich variierende SAR-Feld korrespondiert in erster Näherung zu ei-

ner entsprechend örtlich unterschiedlichen Verteilung des Summenstroms $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP.

In der Figur 7 ist der Ursprung UR der X-Achse dem oberen
5 Seitenrand SRO, d.h. der oberen Stirnseite, der Leiterplatte LP von Figur 1 zugeordnet, während der untere Seitenrand SRU mit dem Längserstreckungsort $X = L$ korrespondiert. Im Bereich der elektrischen Kontaktierungsstelle COA zwischen der Antenne AT1 und der Leiterplatte LP an der Längsstelle $X = 0$ cm
10 fließt der Antenne AT1 der Speisungs- bzw. Fußpunktstrom $FS \neq 0$ A zu. Bei bevorzugter Verwendung einer $\lambda/4$ -Antenne kommt in etwa dieser Speisungsstrom oder zumindest ein Anteil davon auch an der Längsstelle $X = 0$ cm an der oberen Stirnseite der Leiterplatte LP zum Fließen, da die Leiterplatte LP als Antennenergänzungs-
15 zweig zur $\lambda/4$ -Antenne wirkt. An der unteren, der Antenne AT1 gegenüberliegenden Stirnseite SRU der Leiterplatte LP ist der Stromfluss in Längsrichtung aufgrund des freien Endes und damit durch die dortige Randbegrenzung unterbrochen, so dass an der der Antenne AT1 gegenüberliegenden
20 Stirnseite SRU weitgehend $I(X=L) = 0$ A gilt.

Der weitere Verlauf der Summenstromverteilung $I_1(X)$ zwischen der oberen Stirnseite SRO und der unteren Stirnseite SRU der Leiterplatte LP wird durch eine Vielzahl von elektromagnetischen Ausbreitungs-/Koppelfaktoren beeinflusst. Dazu zählen vorzugsweise die Geometrieform sowie die räumlichen Abmessungen der Leiterplatte LP. Insbesondere deren Länge L hat bei der jeweilig verwendeten Funkfrequenz Auswirkungen auf die
30 sich entlang der Leiterplatte ausbreitenden elektromagnetischen Wellen in Form von E- und/oder H-Feldern und somit auf die daraus resultierende Summenstromverteilung $I_1(X)$. Im Fall, dass eine $\lambda/4$ -Antenne verwendet ist und die Länge L der Leiterplatte im Wesentlichen $\lambda/4$ gewählt ist, bildet die Leiterplatte LP zusammen mit der $\lambda/4$ -Antenne einen resonanten
35 Strahlungsdipol. Die Leiterplatte wirkt dabei in erster Näherung als eine Art ergänzende $\lambda/4$ -Antenne zur Antenne AT1. Auf diese Weise können sich auf dem Gesamtgebilde der Leiterplat-

te LP und der daran angekoppelten $\lambda/4$ -Antenne stehende Wellen des Summenstromes $I_1(X)$ mit Stromknoten und Strombäuchen bilden.

- 5 Auch bei anderen Koppelerhältnissen der aus Leiterplatte und Antenne gebildeten Koppelstruktur stellt sich in der Praxis eine örtliche Verteilung des Summenstroms $I_1(X)$ ein, die in X-Richtung, d.h. entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP, nicht konstant ist, sondern schwankt. Ein maßgeblicher
- 10 Einflussfaktor auf die örtliche Verteilung des Summenstroms $I_1(X)$ ist bei Verwendung einer rechteckförmigen Leiterplatte insbesondere deren Länge im Verhältnis zur wirksam werdenden Antennenlänge und deren Wellenlänge zum Abstrahlen und/oder
- 15 Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern im Funkbetrieb.

- Im Nahbereich dieser örtlichen Summenstromverteilung $I_1(X)$ wird ein entsprechendes, korrespondierendes, elektromagnetisches Feld erzeugt bzw. induziert, das beim bestimmungsgemä-
- 20 ßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts MP im organischen Körpergewebe eines Benutzers eine Erwärmung hervorrufen kann und für die ortsabhängige SAR-Verteilung in erster Linie verantwortlich ist. Unter bestimmungsgemäßem Gebrauch wird dabei zum einen verstanden, dass das jeweilige Funkkommunikations-
- gerät am Körper eines Benutzers, wie z.B. am Gürtel oder in der Brusttasche einer Jacke, getragen wird und auf Empfang und/oder Sendebetrieb eingestellt ist. So kann beispielsweise der jeweilige Benutzer über ein Headset, d.h. über ein Kabel mit angeschlossenem Mikro-Ohrhörer und Mikrofon, kommunizieren.
- 30 Zum anderen wird beim bestimmungsgemäßen Gebrauch das jeweilige Funkkommunikationsgerät in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers zum Sprechen und/oder Hören eingebracht und dort zwischen Ohr und Mund an die Backe angelegt. Der im Nahbereich des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts wirksam
- 35 werdende SAR-Effekt ist dabei insbesondere derjenige Ortsbereich, der unterhalb des Abstandes $2D^2/\lambda$ liegt (λ ist die Wellenlänge; D ist die Gerätelänge). Beispielsweise arbeitet

ein GSM-Funknetz (Global System for Mobile Communications) in einem Frequenzbereich zwischen 880 und 960 MHz (Mittenfrequenz 900 MHz), was einer Betriebswellenlänge λ von ungefähr 35 cm entspricht. Dadurch ist bei einem GSM-Funksystem durch die örtliche Stromverteilung auf der Leiterplatte mit einer Eindringtiefe des elektromagnetischen Nahfeldes von ungefähr 6 cm zu rechnen. Im PCN-Netz (Private Commercial Network) (E-Netz) mit einem Frequenzband zwischen 1710 und 1880 MHz liegt die Wellenlänge ungefähr bei 17 cm, so dass das sich aufgrund der örtlichen Stromverteilung der Leiterplatte ergebende elektromagnetische Nahfeld eine Eindringtiefe von ungefähr 5 cm aufweist. In einem UMTS-Funkkommunikationssystem mit einem Frequenzübertragungsbereich zwischen 1920 und 2170 MHz beträgt die Wellenlänge λ ungefähr 15 cm, so dass die Eindringtiefe des elektromagnetischen Nahfeldes aufgrund der örtlichen Summenstromverteilung auf der Hauptplatte ungefähr 2 bis 4 cm erreicht. Je geringer dabei die örtliche Eindringtiefe in das Gewebe eines Benutzers ist, desto höher kann bei gleicher angenommener Sendeleistung der Antenne der gemessene SAR-Wert werden. Denn pro vorgegebenem Gewebsvolumen wird ja eine höhere elektromagnetische Felddichte, damit ein größerer zum Fließen kommender Strom und somit eine höhere Feldkonzentration hervorgerufen.

Um nun den SAR-Wert des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts in kontrollierter Weise reduziert einstellen zu können, ist mindestens ein erstes zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturalelement zur SAR-Wert-Reduzierung an die Leiterplatte dieses Funkkommunikationsgeräts angekoppelt. Es ist dabei derart an die Leiterplatte angekoppelt und derart ausgebildet, dass die Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage von elektrischen Strömen auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrekturalelement zueinander so eingestellt sind, dass das Maximum der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme resultierenden SAR-Verteilung im Körpergewebe eines Benutzers beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts minimal wird. Mit anderen Worten heißt das, dass die Ströme auf der Anten-

- ne, der Leiterplatte und dem Korrekturlement gezielt derart aufeinander abgestimmt werden, dass der Betrag des Maximums in der örtlichen SAR-Feldverteilung der aufgrund dieser Ströme wirksam werdenden elektromagnetischen Felder am kleinsten wird. Dadurch sind unzulässig hochdosierte „Hot Spots“, d.h. lokale Gewebsvolumenbereiche höherer thermischer Belastung gegenüber Gewebsvolumenbereichen geringerer Erwärmung, beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts weitgehend vermieden. Denn durch das Absenken der SAR-Wertspitzenwerte wird eine Art Homogenisierung der resultierenden SAR-Verteilung erreicht, die aufgrund der elektrischen Ströme auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrekturlement resultiert.
- 15 Verschiedene Arten von solchen ersten Korrekturlementen sind detailliert in der älteren Patentanmeldung mit dem Anmeldeaktenzeichen DE 101 10 982.2 angegeben.
- 20 In der Figur 1 ist ein solches erstes stromleitfähiges Korrekturlement über der vorderen Bestückungsfläche der Leiterplatte LP eingezeichnet. Es ist mit dem Bezugszeichen CE1 versehen. Es ist mit Höhenabstand HA zur Leiterplatte LP sowie im wesentlichen parallel zu deren Bestückungsfläche angeordnet. Das zusätzliche Korrekturlement CE1 ist dabei vorzugsweise derjenigen Bestückungsfläche der Leiterplatte LP zugeordnet, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers diesem zugewandt ist, um den SAR-Effekt in Richtung auf den jeweiligen Benutzer möglichst zu reduzieren. Dabei ist es zweckmäßig, wie hier im Ausführungsbeispiel von Figur 1, das Korrekturlement CE1 auf der der Antenne AT1 gegenüberliegenden Bestückungsseite der Leiterplatte LP anzuordnen.
- 35 Die Geometrieform des Korrekturlements CE1 von Figur 1 folgt im wesentlichen der rechteckförmigen Außenkontur der Leiterplatte LP nach. Es ist also rechteckförmig ausgebildet und

bildet eine Art rundum geschlossene Schleife, die sich im wesentlichen entlang der Seitenränder SRL, SRO, SRR, SRU der Leiterplatte LP erstreckt. Dabei ist das Korrekturlement CE1 relativ zur Leiterplatte LP derart positioniert, dass seine Außenberandung im wesentlichen kongruent zur Außenkontur der rechteckförmigen Leiterplatte als eine weitere Schicht liegt. Allgemein ausgedrückt ist es zweckmäßig, das zusätzliche Korrekturlement derart zu positionieren, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte im wesentlichen innerhalb einer durch deren Seitenränder aufgespannten Begrenzungsfläche liegt. Dadurch kommt das zusätzliche Korrekturlement in einer zweiten Schichtebene zur ersten Schichtebene der Leiterplatte LP zu liegen, wodurch ein kompakter Aufbau des Funkkommunikationsgeräts erreicht wird. Die ursprünglichen Längs- und Breitenabmessungen der Leiterplatte LP bleiben somit weitgehend erhalten. Das schleifenförmige Korrekturlement CE1 bildet von seiner Grund-Geometrieform her eine Rechtecksform passend zur rechteckförmigen Geometrieform der Leiterplatte LP. Es kann beispielsweise durch ein oder mehrere Drähte, eine ein- oder mehrlagige streifenförmige Folie oder durch ein sonstiges linienartiges oder flächiges Element gebildet sein. Für das jeweilige Korrekturlement wie z.B. CE1 ist vorzugsweise ein elektrisch leitfähiges Material, ggf. auch ein dielektrisches und/oder magnetisch leitfähiges Material verwendet.

Das erste Korrekturlement CE1 ist im Bereich der oberen Stirnseite SRO der Leiterplatte LP an die Masse der Leiterplatte LP galvanisch angeschlossen, was durch ein Erdungssymbol ERD angedeutet ist. Alternativ dazu kann es auch zweckmäßig sein, das erste Korrekturlement CE1 an die Leiterplatte LP kapazitiv oder induktiv anzukoppeln, d.h. die galvanische Verbindung ERD wegzulassen. Durch die elektrische Ankopplung des Korrekturlements CE1 an die Leiterplatte LP kommt in der Schleifenstruktur des Korrekturlements CE1 ein elektrischer Strom $I_2(X)$ zu fließen.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die geometrischen Verhältnisse der Leiterplatte LP in Form eines langgestreckten Rechtecks so gewählt, dass die größte Stromamplitude bzw. Stromdichte des Summenstroms $I_1(X)$ ohne der Verwendung des Korrekturlements CE1 beispielsweise etwa im Zentrum der Leiterplatte LP, d.h. also im Bereich des Schnittpunkts deren Flächendiagonalen, liegt, während die Stromdichte zu den beiden Breitseiten SRO, SRU hin abnimmt. In der Figur 7 ist das absolute Maximum des Summenstroms $I_1(X)$ auf der Leiterplatte am Längsort XM1 mit IM1 bezeichnet. Da nun das zusätzliche Korrekturlement stromleitfähige Bahnen dort aufweist, wo die örtliche Stromverteilung des Summenstroms $I_1(X)$ der Leiterplatte LP kleiner als IM1 ist, kann dort der Gesamtstrompegel angehoben werden und somit insgesamt betrachtet eine Vergleichmäßigung des insgesamt resultierenden Gesamtstromfeldes erreicht werden (=Kompensationseffekt).

Aufgrund der vielfältigen elektromagnetischen Koppelmechanismen, wie z.B. unterschiedliche Geometrieformen und/oder Abmessungen von Leiterplatte, Antenne, und/oder erstem Korrekturlement, kann es in der Praxis kritisch sein, bereits allein mit dem ersten Korrekturlement die Phasenlage und/oder die Amplitudenhöhe der elektrischen Ströme auf der Antenne, der Leiterplatte, und dem Korrekturlement zueinander so einzustellen, dass die sich ergebende SAR-Verteilung zufriedenstellend reduziert ist. Um eine verbesserte Einwirkungsmöglichkeit auf den resultierenden, überlagerten, für den SAR-Effekt wirksamen Gesamtstromfluss auf der Leiterplatte, dem Korrekturlement, und der Antenne bereitstellen zu können, ist es zweckmäßig, zusätzliche Abstimmungsmittel zum Abstimmen der Phasenlage und/oder der Amplitudenhöhe des elektrischen Stroms auf dem ersten Korrekturlement und/oder der Leiterplatte vorzusehen.

In der Figur 1 steht mit dem ersten Korrekturlement CE1 ein zweites, stromleitfähiges Korrekturlement TE1 als Abstimmungsmittel zur Abstimmung des Stromflusses auf dem ersten Korrektur-

turelement in Wirkverbindung. Es ist integraler Bestandteil des ersten Korrekturlements, da es in Form einer mäanderförmigen Schleifenstruktur in die rechteckförmige Grundschleife des ersten Korrekturlements CE1 eingefügt und somit mit diesem galvanisch verbunden ist. Durch die zusätzlichen Mäanderschleifen des zweiten Korrekturlements lässt sich der Stromlaufweg in der miteinander verkoppelten Gesamtstruktur von erstem und zweitem Korrekturlement in vorteilhafter Weise derart verändern, dass dort ein elektrischer Stromfluss $I_2(X)$ bewirkt ist, der weitgehend gegenphasig zum Stromfluss $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP verläuft. In der Figur 7 ist im Summenstromdiagramm $I(X)$ der örtliche Verlauf des Summenstroms $I_2^*(x)$ mit eingezeichnet, der insgesamt auf dem ersten Korrekturlement CE1 ohne die Ankopplung des zweiten Korrekturlements TE1 zum Fließen kommen würde. In erster Näherung verläuft er gleichphasig zum Summenstrom $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP. Er weist an der Längsortstelle XM2* ein Strompegelmaximum auf, das unterhalb der Strompegelverteilung des Summenstroms $I_1(X)$ liegt und gegenüber der Längsortstelle XM1 des Strompegelmaximums IM1 des Summenstroms $I_1(X)$ längsortversetzt ist. Durch Überlagerung dieser beiden elektrischen Summenstromverläufe ergibt sich ein Gesamtstromverlauf $RSV^*(X)$, der oberhalb des ursprünglichen Summenstromverlaufs $I_1(X)$ der Leiterplatte LP liegt. Mit anderen Worten heißt das, dass die Superposition der Summenstromverläufe $I_1(X)$, $I_2^*(x)$ ohne das zweite zusätzliche Korrekturlement als Abstimmungsmittel zur Ausbildung eines betragsmäßig noch größeren lokalen Strompegelmaximums führen würde, so dass in unerwünschter Weise ein erhöhter SAR-Effekt resultieren würde.

Erst mit Hilfe des zweiten, stromleitfähigen Korrekturlements TE1 kann aufgrund dessen zusätzlichen Mäanderschleifen die Stromlauflänge bzw. Strompfadlänge des ersten Korrekturlements CE1 derart verbessert eingestellt werden, dass auf dem Gesamtgebilde der beiden, durchgängig miteinander verbundenen Korrekturlemente CE1, TE1 ein gegenphasiger Stromfluss $I_2(X)$ zum Stromfluss $I_1(X)$ bewirkt ist. Dieser gegenphasige

Stromfluss $I_2(X)$ ist in der Figur 7 im vierten Quadranten mit negativen Strompegelwerten $I(X)$ zusätzlich zu den positiven Stromwerten $I(X)$ des Summenstroms $I_1(X)$ im ersten Quadranten eingezeichnet. Der gegenphasige Gesamtstrom $I_2(X)$ auf den
5 beiden miteinander verbundenen Korrektorelementen CE1, TE1 verläuft also in Gegenrichtung zum Summenstrom $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP. Er weist in etwa dort ein Maximum NIM1 auf, wo auch der Summenstrom $I_1(X)$ der Leiterplatte LP ein absolutes Maximum hat. Aufgrund dieses gegenläufigen, komplementären Strompegelverlaufs $I_2(X)$ auf den beiden miteinander ver-
10 koppelten Korrektorelementen CE1, TE1 ergibt sich ein maximaler Kompensationseffekt für das Maximum des Summenstrompegels $I_1(X)$ der Leiterplatte LP. Insgesamt ergibt sich somit durch Superposition der örtlichen Verteilung des Summenstroms $I_1(X)$ der Leiterplatte LP und des korrigierenden Gesamtstroms $I_2(X)$
15 auf dem ersten und zweiten Korrektorelement ein überlagerter Gesamtstromfluss $RSV(X)$, der nur noch ein gegenüber dem ursprünglichen Strompegelverlauf $I_1(X)$ reduziertes, abgeflachtes Strompegelmaximum $IM1^*$ aufweist. Die örtliche Verteilung des überlagerten Gesamtstromflusses $RSV(X)$ ist somit weitge-
20 hend homogenisiert, d.h. sie verläuft in erster Näherung mit einem konstanten Pegel. Zumindest sind unzulässig hohe Strompegelspitzen weitgehend vermieden. Mit einem derart
vergleichmäßigten resultierenden Strompegelverlauf des Superpositionsstroms aus dem Summenstrom $I_1(X)$ der Leiterplatte LP und dem Korrekturstrom $I_2(X)$ des ersten und zweiten Korrektorelements CE1, TE1 geht ein in erster Näherung konstantes SAR-Feld über die Gesamtfläche $L \cdot B$ der Leiterplatte LP betrachtet einher. Figur 4 zeigt eine derart idealisierte
30 SAR-Verteilung $S(X,Y)$ über die Gesamtfläche $L \cdot B$ der Leiterplatte LP betrachtet.

Durch eine entsprechende Einstellung der Anzahl sowie der Länge der Mäander des zweiten Korrektorelements TE1 kann der
35 insgesamt in den beiden Korrektorelementen CE1, TE1 zum Fließen kommende Korrekturstrom $I_2(X)$ auf unterschiedliche örtliche Verläufe des Summenstroms $I_1(X)$ der Leiterplatte LP abge-

stimmt bzw. angepasst werden. Insbesondere kann zum einen der Grad der Gegenphasigkeit des Korrekturstroms $I_2(X)$ als auch die Amplitudenhöhe des absoluten Maximums dieses Korrekturstroms $I_2(X)$ eingestellt werden. Durch die Einstellung der Phasenlage und/oder Amplitude des Korrekturstroms $I_2(X)$ kann insbesondere die Lage des Maximums IM_1 des Summenstroms $I_1(X)$ der Leiterplatte LP verschoben werden, was in der Figur 7 durch einen Verschiebepfeil VV entlang der X-Richtung angedeutet ist. Die Verschiebung wird zweckmäßigerweise derart vorgenommen, dass sich die SAR-Verteilung möglichst homogenisiert.

Das zweite Korrekturalelement TE1 ist in der Figur 1 bezüglich der in x-Richtung verlaufenden Mittenlinie MI der Leiterplatte LP weitgehend achssymmetrisch in das erste Korrekturalelement CE1 eingefügt, so dass sich insgesamt eine symmetrische Struktur bezüglich der Mittenlinie MI für die Gesamtkombination bzw. für das Gesamtgebilde aus erstem und zweitem Korrekturalelement ergibt.

Gegebenenfalls kann auch eine Koppelstruktur von Leiterplatte, Antenne und/oder Korrekturalelement zweckmäßig sein, bei der das Korrekturalelement in seiner gedachten orthogonalen Projektion bezüglich der Leiterplattenfläche über deren Seitenbegrenzungen hinausragt.

Zweckmäßigerweise ist das jeweilige zweite Korrekturalelement wie z.B. TE1 derart dimensioniert, dass die von ihm fiktiv eingeschlossene Bestückungsfläche der Leiterplatte höchstens dem 0,2 bis 0,5 -fachen des vom ersten Korrekturalelement wie z.B. CE1 fiktiv eingefassten Teils der Leiterplattenfläche wie z.B. L B entspricht.

In der Praxis ist es dabei ferner zweckmäßig, das erste und/oder zweite Korrekturalelement im Höhenabstand zwischen 0,1 und 0,6 cm von der Bestückungsfläche der Leiterplatte entfernt anzuordnen.

Figur 2 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die Leiterplatte LP von Figur 1 mit einer angekoppelten Korrektur-
elementstruktur, die sich aus dem ersten Korrekturelement CE1
5 und einem gegenüber Figur 1 modifizierten zweiten Korrektur-
element TE2 zusammensetzt. Dieses zweite Korrekturelement TE2
ist durch streifenförmige Stromleitelemente, sogenannte Pat-
ches, gebildet. Diese streifenförmigen, flächigen Stromleit-
elemente TE2 verlaufen im wesentlichen orthogonal zur Längs-
10 erstreckung L des ersten Korrekturelements CE1 in derselben
Lageebene. Zum Abstimmen bzw. Tunen des Korrekturstroms
 $I_2(X)$, der durch diese verkoppelte Struktur aus erstem und
zweitem Korrekturelement CE1, TE2, fließt, können ein oder
mehrere Streifenelemente vorgesehen sein. Die Anzahl dieser
15 Streifenelemente und deren Streifenflächenabmessungen werden
derart gewählt, dass der Korrekturstrom $I_2(X)$ im wesentlichen
gegenphasig zum Summenstrom $I_1(X)$ der Leiterplatte LP ver-
läuft. In der Figur 2 sind jeweils zwei Streifenelemente
achssymmetrisch bezüglich der Mittenlinie der Leiterplatte LP
20 an das erste Korrekturelement CE1 angekoppelt, und zwar so,
dass die Streifenelemente in das Innere der von den Seiten-
rändern der Leiterplatte LP umrahmten Fläche zeigen. Durch
diese parallele Ankopplung der streifenförmigen Elemente des
zweiten Korrekturelements TE2 an das erste Korrekturelement
CE1 wird eine zusätzliche kapazitive Last bezogen auf die
Leiterplatte LP bereitgestellt. Durch entsprechende Wahl der
zusätzlichen kapazitiven Last lässt sich dann ebenfalls ins-
gesamt ein überlagerter Gesamtstromfluss $RSV(X)$ einstellen,
der weitgehend gleichmäßig ist (siehe Figur 7). Figur 3
30 zeigt vereinfacht diese parallele Ankopplung einer zusätzli-
chen kapazitiven Last CAP2 durch das zweite Korrekturelement
TE2 zusätzlich zur kapazitiven Last CAP1, die zwischen dem
ersten Korrekturelement CE1 und der Leiterplatte LP gebildet
ist.

35 In den Figuren 1 und 2 sind die Mäanderschleifen bzw. Strei-
fenelemente des zweiten Korrekturelements TE1 bzw. TE2 je-

weils in die rechteckförmige Grundschleife des ersten Korrektur-
turelements CE1 hineinintegriert, d.h. galvanisch mit dem
ersten Korrekturlement verbunden. Zusätzlich oder unabhängig
hiervon kann es gegebenenfalls auch ausreichend sein, das
5 erste und das zweite Korrekturlement kapazitiv oder induktiv
miteinander zu verkoppeln.

1. Figur 5 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die
Koppelstruktur zwischen der Leiterplatte LP und dem ersten
10 Korrekturlement CE1 von Figur 1, wobei jetzt ein zweites
Korrekturlement TE3 separat vom ersten Korrekturlement und
separat von der Leiterplatte LP als Abstimmungsmittel vorgesehen
ist. Dieses zweite Korrekturlement TE3 ist dabei durch ein
ESD-Schutzelement (ESD = Electrostatic Discharge), insbeson-
15 dere durch ein metallisches Display-Fenster, gebildet. Der
Ausschnitt für das Display des Funkkommunikationsgeräts MP
ist in der Figur 5 mit LDP bezeichnet. Das zweite Korrektur-
element TE3 ist im wesentlichen im Bereich der Mittenlinie MI
in der oberen Hälfte der Leiterplatte LP derart positioniert,
20 dass seine gedachte orthogonale Projektion bezogen auf die
Bestückungsfläche der Leiterplatte LP in der X,Y-Ebene im
Inneren der Umrahmungsfläche durch die Seitenränder der Lei-
terplatte zu liegen kommt. Dieses ESD-Schutzelement ist flä-
chig ausgebildet und liegt in einer zur Bestückungsfläche der
Leiterplatte LP parallelen Schichtebene in einem vorgegebenen
Höhenabstand. Zweckmäßigerweise sind das erste Korrekturle-
ment CE1 und das zweite Korrekturlement TE3 etwa in dersel-
ben Lageebene positioniert. Ggf. kann es auch zweckmäßig
sein, dass zweite Korrekturlement TE3 in einer Lageebene an-
30 zuordnen, die von der Lageebene des ersten Korrekturlements
CE1 verschieden ist. Das zweite Korrekturlement TE3 ist ka-
pazitiv und/oder induktiv an das erste Korrekturlement CE1
und/oder an die Leiterplatte LP angekoppelt. Insbesondere
durch Anpassung des Höhenabstands zur Bestückungsebene der
35 Leiterplatte LP, der Geometrieform, der stromleitfähigen ESD-
Schutzelementfläche, und/oder der Ausschnittsfläche des Dis-
playfensters LTP des zweiten Korrekturlements TE3 lässt sich

der Korrekturstrom $I_2(X)$ im ersten Korrekturalelement CE1 zusammen mit dem Stromfluss I_4 auf dem zweiten Korrekturalelement TE3 derart tunen bzw. abstimmen, dass insgesamt ein überlagerter Gesamtstrom $RSV(X)$ zusammengesetzt aus dem Korrekturstrom $I_2(X)$, dem Korrekturstrom I_4 , und dem Leiterplattenstrom $I_1(X)$ resultiert, der über die Längserstreckung der Leiterplatte LP betrachtet weitgehend gleichmäßig bzw. homogenisiert ist. Zu diesem Zweck wird der Korrekturstrom $I_2(X)$ und ggf. der Korrekturstrom I_4 mit Hilfe des zweiten Korrekturalelements TE3 vorzugsweise derart abgestimmt, dass diese in Summe weitgehend gegenphasig zum Summenstrom $I_1(X)$ der Leiterplatte LP verlaufen (siehe Figur 7).

Gegebenenfalls kann es auch ausreichend sein, dass mit Hilfe des mindestens zweiten Korrekturalelements der elektrische Strom im ersten Korrekturalelement derart abgestimmt wird, dass dieser zwar nicht gegenphasig zum Leiterplattenstrom $I_1(X)$ verläuft, aber an denjenigen Längsortstellen in X-Richtung betrachtet eine Anhebung des Gesamtstrompegels bewirkt, an denen der ursprüngliche Leiterplattenstrompegel $I_1(X)$ kleiner als IM_1 ist. Auch dadurch lässt sich in gewissem Umfang bereits eine Gleichmäßigung des Gesamtstrompegels erreichen und somit eine Homogenisierung der SAR-Verteilung erzielen.

Figur 6 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die aus der Leiterplatte LP und der Antenne AT1 gebildete Koppelstruktur für das Funkkommunikationsgerät MP von der Rückseite her, d.h. von der antennenseitigen Bestückungsfläche her betrachtet. Im Unterschied zu Figur 1 ist jetzt ein erstes Korrekturalelement CE4 durch eine offene Rechtecksschleife gebildet, d.h. das erste Korrekturalelement CE4 weist Streifenelemente lediglich im Randzonenbereich entlang der Ränder der Längsseiten SRL, SRR, sowie entlang dem oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP auf, während der linienförmige Teilabschnitt des Korrekturalelements CE1 von Figur 1 im Bereich des unteren Seitenrands SRU der Leiterplatte LP weggelassen wor-

den ist. Das erste Korrekturlement CE4 weist somit im Wesentlichen die Geometrieform eines rechteckförmigen U's auf, d.h. es ist U-profilförmig ausgebildet. Es ist auf derjenigen Bestückungsseite der Leiterplatte angeordnet, die der Antennenankopplung für die Antenne AT1 abgewandt ist. Seine drei verschiedenen Teilabschnitte liegen in etwa in derselben Lageebene parallel zur Bestückungsfläche der Leiterplatte LP sowie mit Höhenabstand HA zu dieser. Im Einzelnen erstreckt sich ein streifen- bzw. linienförmiges Seitenteil des ersten Korrekturlements CE4 entlang dem linken Seitenrand SRL, entsprechend dazu achssymmetrisch bezogen auf die Mittenlinie ML ein zweites Seitenteil entlang dem rechten Seitenrand der Leiterplatte LP, sowie ein dritter analog ausgebildeter Teilabschnitt entlang dem oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP. Dieses erste Korrekturlement CE4 ist bezüglich seiner Außenkontur vorzugsweise im wesentlichen kongruent zu den beiden Längsseitenrändern SRL, SRR sowie zum oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP positioniert. Genauso kann es zweckmäßig sein, das erste Korrekturlement CE4 in einer zur Leiterplatte LP parallelen Schichtebene derart zu positionieren, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP im wesentlichen innerhalb einer durch deren Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU aufgespannten Begrenzungsfläche liegt. Beispielsweise kann das erste Korrekturlement CE4 bezüglich seiner Breite und Länge so verkürzt sein, dass es nur einen Teil der Zentralzone der Bestückungsfläche der Leiterplatte LP fiktiv umrahmt.

An das erste Korrekturlement CE4 von Figur 6 ist ein zweites Korrekturlement TE4 angekoppelt, das sich im wesentlichen quer, insbesondere in Y-Richtung, d.h. orthogonal, zur Längserstreckung der Leiterplatte LP als streifenförmiges Flächenelement erstreckt. Es ist galvanisch mit dem ersten Korrekturlement CE4 verbunden. Es dient als Einzelement der Abstimmung des Korrekturstroms $I_2(X)$, der im ersten Korrekturlement CE4 mit dem daran angekoppelten zweiten Korrektur-

element TE4 zum Fließen kommt, dahingehend, dass insgesamt ein überlagerter Gesamtstromfluss aus den elektrischen Strömen $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP, dem Korrekturstrom $I_2(X)$ auf der Korrektur-elementstruktur CE4 und TE4 sowie dem elektrischen Strom I_3 auf der Antenne AT1 weitgehend vergleichmäßig bzw. homogenisiert ist, so dass unzulässig hohe Maxima im Gesamtstrompegel weitgehend vermieden sind.

Zusätzlich oder unabhängig vom zweiten Korrektur-element TE4 kann es gegebenenfalls auch zweckmäßig sein, ein Korrektur-element zur Anpassung des Stroms $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP selbst zusätzlich zum ersten Korrektur-element CE4 vorzusehen. In der Figur 6 ist an der Leiterplatte LP ein drittes zusätzliches, stromleitfähiges Korrektur-element ZV6 als Abstimmungsmittel derart angekoppelt und ausgebildet, dass die Phasenlage sowie die Amplitudenhöhe des elektrischen Summenstroms $I_1(X)$ auf der Leiterplatte LP ebenfalls abgestimmt bzw. getunt werden kann. Ein solches Abstimmungsmittel für den Leiterplattenstrom kann insbesondere durch eine virtuelle Masseverlängerung der Leiterplatte LP gebildet sein. Verschiedene Möglichkeiten einer solchen virtuellen Stromverlängerung sind in der älteren Patentanmeldung mit dem Anmeldeaktenzeichen DE 10204877.0 detailliert angegeben. In der Figur 6 ist ein Teilbereich der Massefläche der Leiterplatte selbst derart ausgestaltet, dass ein zusätzliches verlängerndes Element ZV6 zur virtuellen Masseverlängerung entsteht. Das Korrektur-element ZV6 ist dabei integraler Bestandteil der Massefläche der Leiterplatte LP mit ursprünglicher rechteckförmiger Außenkontur. Dabei ist ein Teilbereich der Massefläche der Leiterplatte LP an der der Antenne AT1 gegenüberliegenden Stirnseite SRU derart getrennt von dieser in derselben Lageebene ausgeführt, dass er wie eine Verlängerung des Stromweges ausgehend vom Antennenspeisungspunkt in Richtung auf die untere Stirnseite SRU der Leiterplatte LP wirkt. Das Korrektur-element ZV6 weist eine Mäanderform durch seriell aufeinanderfolgende 90° Abknickungen bzw. rechteckförmige Zick-Zack-Biegungen von Stegabschnitten auf. Dieses mäander-

förmige Korrekturalelement ZV6 kann insbesondere durch Ausstanzen oder Herausschneiden aus der ursprünglich rechteckförmigen Leiterplatine LP von Figur 1 hergestellt sein. Das Korrekturalelement ZV6 ist vorzugsweise in einem Eckbereich der unteren Platinenstirnseite SRU vorgesehen, der schräg, insbesondere diagonal, versetzt zur Antennenankopplung im Eckbereich der oberen, gegenüberliegenden Stirnseite SRO angeordnet ist. Denn durch diesen weitgehend diagonalen Laufweg zwischen der Antenne AT1 und dem freien Ende FE des Korrekturalelements ZV6 ist die größte mögliche virtuelle Wegverlängerung für den hinsichtlich des SAR-Effekts wirksamen Summenstroms auf der zur Verfügung stehenden Platinenfläche bei gleicher vorgegebener, rechteckförmiger Außenkontur bereitgestellt.

Allgemein ausgedrückt kann also durch Faltungen eines dritten Korrekturalelements innerhalb der Leiterplattenbestückungsfläche und/oder ggf. über die Leiterplattenoberseite, und/oder Leiterplattenunterseite der Stromweg auf der Leiterplatte selbst in kontrollierter Weise eingestellt werden. Durch eine Mäanderform, d.h. durch eine Formgebung des Korrekturalelements, bei dem sich jeweils ein Teilabschnitt mit Erstreckung der Leiterplatte mit jeweils einem Abschnitt quer, insbesondere orthogonal, zur Längserstreckung der Leiterplatte abwechselt, und dabei jeweils zwei solche aufeinanderfolgende Teilabschnitte einen von 0 verschiedenen Winkel zwischen sich einschließen, lässt sich die Länge des Korrekturalelements in x-Richtung relativ kurz halten. Denn durch die Zick-Zack-Form lässt sich für den elektrischen Strom gegenüber einem Korrekturalelement mit geradliniger Streifenform mehr Lauflänge erzielen. Der maximal mögliche Stromweg auf der Leiterplatte LP von Figur 6 beginnt also im Bereich der Antenne AT1 und endet am freien Ende FE des Korrekturalelements ZV6 nach Durchlaufen von dessen mäanderförmigen Windungen. Vorzugsweise ist dieses dritte Korrekturalelement mit seinen ein oder mehreren Faltungen in einer oder mehreren Schichtebenen angebracht, die innerhalb der von den Seitenrändern der Leiterplatte begrenzten

Bestückungsebene liegen. Dabei kann das Korrekturalelement auch mit Höhenabstand zur Bestückungsfläche der Leiterplatte angeordnet sein. Auf diese Weise bleiben die ursprünglich vorgegebenen Abmessungen der Leiterplatte weitgehend erhalten, so dass sich für das Funkkommunikationsgerät eine kompakte, miniaturisierte Bauweise erreichen lässt.

Dadurch, dass an die Leiterplatte selbst galvanisch, kapazitiv und/oder induktiv mindestens ein Korrekturalelement als Abstimmungsmittel des Leiterplattenstroms angekoppelt ist, lässt sich ebenfalls die Amplitudenhöhe und Phasenlage der elektrischen Ströme I_3 , I_1 , I_2 auf der Antenne AT1, der Leiterplatte LP, sowie dem ersten Korrekturalelement CE4 zueinander so einstellen, dass das Maximum der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme I_1 , I_2 , I_3 ergebenden SAR-Verteilung minimal wird.

Mit ein oder mehreren dieser verschiedenen Korrekturalemente entsprechend Figuren 1 mit 6 ist es somit ermöglicht, den SAR-Wert eines Funkkommunikationsgeräts bereits in der Entwicklungsphase zielgerichtet zu beeinflussen und zu reduzieren.

Umfangreiche Tests haben erfolgreich gezeigt, dass eine erste vorteilhafte Möglichkeit, den SAR-Wert zu reduzieren, darin besteht, eine oben auf der Leiterplatte bzw. PCB-Board (printed circuit board) kontaktierende stromleitfähige Korrekturschleife anzubringen, die teilweise oder ganz im Wesentlichen entlang der Seitenränder der Leiterplatte verläuft. Bei dieser Variante kann der ursprünglich gegebene SAR-Wert gegenüber der Ausgangssituation ohne Korrekturalement um bis zu 75% reduziert werden.

Dieser Wert kann jedoch nicht mit beliebigen Korrekturschleifen erreicht werden, da in der Praxis aufgrund von Störfaktoren (wie z.B. vorgegebener Geometrieformen und Abmessungen von Antenne und Leiterplatte) die Koppelstruktur von Leiterplatte und Antenne bezüglich ihres SAR-Feldes nicht optimal

eingestellt werden kann. Eine gezielte bzw. kontrollierte Einstellung ist jedoch durch eine einfache, einzelne Korrekturschleife in der Praxis unter manchen Gegebenheiten erschwert. Deshalb wird bereits werkseitig mit Hilfe mindestens eines an dem ersten Korrekturlement und/oder der Leiterplatte angekoppelten, zweiten Korrekturlements die Phasenlage und/oder Amplitudenhöhe der elektrischen Ströme auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrekturlement zueinander so abgestimmt eingestellt, dass die sich ergebende SAR-Feld im Körpergewebe möglichst gleichmäßig wird. Es ist also eine weitere Reduzierung des SAR-Effekts bewirkt, wenn zum Abstimmen der Phasenlage und/oder Amplitude des elektrischen Stroms auf dem ersten Korrekturlement und/oder Leiterplatte zusätzliche Abstimmungsmittel derart vorzusehen, dass der resultierende, überlagernde Gesamtstromfluss auf der Leiterplatte, dem Korrekturlement und der Antenne insgesamt ein weitgehend homogenes SAR-Feld über die Gesamtfläche der Leiterplatte betrachtet bewirkt.

Zusammenfassend betrachtet lässt sich eine optimale SAR-Verteilung bereits durch eine entsprechende Einstellung der ersten Korrekturschleife erreichen. Hierzu sind im wesentlichen zwei Maßnahmen zweckmäßig. Eine erste zweckmäßige Möglichkeit ist, die Länge der Schleife zu modifizieren. Dies führt zu einer anderen Phasenlage des Stroms auf der Korrekturschleife. Zusätzlich oder unabhängig hiervon lässt sich durch Längenveränderung auch die Amplitude des Stromes auf der Korrekturschleife verändern. Auf diese Weise lässt sich die örtliche Verteilung des Korrekturstroms auf der Korrekturschleife derart in Längsrichtung der Leiterplatte verschieben, dass dort der Gesamtstrompegel angehoben wird, wo zuvor der ursprüngliche Leiterplattenstrom kleiner als das ursprünglich vorhandene Maximum war. Durch die räumliche Neuverteilung des ursprünglichen Leiterplattenstroms von dessen absoluten Maxima weg in diejenigen Bereiche, die zuvor einen geringeren Strompegel hatten, wird eine gewisse Vergleichmäßigung erreicht. Bei der Verwendung einer derartigen einfa-

chen Korrekturschleife ist jedoch deren maximale Länge durch die Länge der Außen- bzw. Innenkante des Gehäuses des Funkkommunikationsgerätes und damit auch der mögliche Abstimmungsfaktor bzw. Tuningfaktor zur Vergleichmäßigung der Summenstromverteilung begrenzt.

Ist es notwendig, aufgrund der gegebenen Baugröße des Funkkommunikationsgerätes sowie sonstigen gegebenen elektromagnetischen Koppelverhältnissen die Korrekturschleife weiter zu verlängern, um eine weitere Optimierung des SAR-Wertes zu erreichen, ist es zweckmäßig, die Schleife in bestimmten Teilbereichen mäanderförmig zu gestalten, wie dies z.B. in der Figur 1 dargestellt ist. Eine zweite Möglichkeit zur Verlängerung der Korrekturschleife unter Beibehaltung der ursprünglichen Längs- und Querabmessungen der Koppelstruktur aus Leiterplatte und Antenne ist durch die parallele Ankopplung von mindestens einer sogenannten Patch-Struktur an das erste Korrekturelement gegeben. Dies ist in der Figur 2 veranschaulicht. Die dort dargestellten Patches innerhalb der Schleifenstruktur des ersten Korrekturelements können gegebenenfalls auch kapazitiv oder induktiv angebunden sein. Auch dieses führt zu einer geänderten Stromverteilung auf der Schleife aufgrund veränderter kapazitiver Lastverhältnisse und damit zu einem geänderten SAR-Wert. Diese Patch-Struktur kann auch eine zu anderen Zwecken eingesetzte metallische Struktur sein, wie z.B. ein ESD-Schutzelement, das mit dem erstgenannten Korrekturelement zusammenwirkt. Diese weitere Variante ist in der Figur 5 dargestellt.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des SAR-Verhaltens ist durch die zusätzliche Veränderung der Ströme auf der Leiterplatte durch eine virtuelle Verlängerung der Leiterplatte gegeben. Auch so lässt sich eine optimale Phasen- und Amplitudenlage zwischen den Strömen auf der Leiterplatte, Korrekturelement und Antenne erreichen.

Allgemein ausgedrückt ist also eine gezielte Kombinierung verschiedener Maßnahmen vorteilhaft, die für sich teilweise bereits einen SAR-beeinflussenden Effekt zeigen, aber in ihrer Kombination zu einem signifikant besseren Ergebnis als
5 einzeln führen. Dabei werden teilweise stark nicht lineare Superpositionseffekte der verschiedenen Maßnahmen zueinander gezielt ausgenutzt. Vorteilhafterweise kann dazu insbesondere ein erstes Korrekturelement in gezielter Weise trotz beschränkter Gerätegröße durch mäanderförmige Ausführung mechanisch und elektrisch verlängert werden. Zum anderen kann eine
10 weitere Verbesserung durch die gezielte, gleichzeitige Nutzung von zwei unterschiedlichen Maßnahmen, nämlich Korrekturschleife und zusätzlichen Patch-Elementen erreicht werden, die für sich genommen zwar bereits eine Einzelwirkung haben, gemeinsam aber eine weitaus höhere Wirksamkeit als die Summe der Einzeleffekte zeigen, und zwar dadurch, dass zusätzliche Patches (siehe Figur 2) die Stromverteilung in der ersten
15 Korrekturschleife optimieren. Eine weitere zweckmäßige Kombinationsmöglichkeit ist, zusätzlich oder unabhängig von der Beeinflussung der Ströme in der Schleife, die Ströme auf der
20 Leiterplatte selbst durch mindestens ein weiteres Korrekturelement, wie z.B. ZV6 in Figur 6, gezielt zu verändern. Dies kann insbesondere eine virtuelle Leiterplattenverlängerung sein. Auch so lässt sich eine optimale Amplituden- und Phasenlage erreichen. Messungen bei einem konkreten Entwicklungsmodell für ein Funkkommunikationsgerät haben für den SAR-Wert beispielsweise folgende Reduzierungen ergeben:

- Gerät ohne Schleife ohne metallisches Display-Fenster:
30 100% = Ausgangssituation
- Gerät mit erster Korrekturschleife ohne metallisches Display-Fenster als Abstimmelement: 86%
- Funkkommunikationsgerät ohne erste Korrekturschleife mit metallischem Display-Fenster als zusätzlichem Abstimmelement:
35 66%

- Funkkommunikationsgerät mit erster Korrekturschleife und metallischem Display-Fenster als zusätzlichem Abstimmelement entsprechend Figur 5: 56%

Patentansprüche

2. Funkkommunikationsgerät (MP) mit reduziertem SAR-Wert mit
mindestens einer Leiterplatte (LP) und mit mindestens ei-
ner daran angekoppelten Antenne (AT1) zum Abstrahlen
und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrah-
lungsfeldern,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein erstes zusätzliches, stromleitfähiges
Korrekturerelement (CE1) zur SAR-Wertreduzierung derart an
die Leiterplatte (LP) angekoppelt und ausgebildet ist,
dass die Amplitudenhöhe (IM1, NIM1) und/oder Phasenlage
von elektrischen Strömen (I3, I1, I2) auf der Antenne
(AT1), der Leiterplatte (LP), und dem Korrekturerelement
(CE1) zueinander so eingestellt sind, dass das Maximum
der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme (I1, I2, I3)
resultierenden SAR-Verteilung ($S(X,Y)$) im Körpergewebe
eines Benutzers beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts
(MP) oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts
(MP) zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich die-
ses Benutzers minimal wird.
3. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Abstimmen der Phasenlage und/oder Amplitude des
elektrischen Stroms (I2) auf dem ersten Korrekturerelement
(CE1) und/oder der Leiterplatte (LP) zusätzliche Abstimm-
Mittel (TE1) derart vorgesehen sind, dass der resultie-
rende, überlagerte Gesamtstromfluss ($RSV(X)$) aus den e-
lektrischen Strömen auf der Leiterplatte (LP), dem Kor-
rekturerelement und der Antenne (AT1) insgesamt eine weit-
gehend homogene SAR-Verteilung ($S(X,Y)$) über die Gesamt-
fläche (L B) der dem Benutzer zugewandten Seite der Lei-
terplatte (LP) betrachtet bewirkt.
4. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 1 oder
2,

dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein zweites, stromleitfähiges Korrektur-
element (TE1) als Abstimm-Mittel zur Abstimmung des
Stromflusses ($I_2^*(X)$) auf dem ersten Korrektur-
element (CE1) und/oder auf der Leiterplatte (LP) zusätzlich der-
art vorgesehen ist, dass ein veränderter elektrischer
Stromfluss (I_2) auf dem ersten und/oder zweiten Korrektur-
element (CE1, TE1) bewirkt ist, der weitgehend ge-
genphasig zum Stromfluss (I_1) auf der Leiterplatte (LP)
verläuft, wodurch aufgrund des überlagerten Gesamtstrom-
flusses ($RSV(X)$) auf der Leiterplatte (LP), dem ersten
und/oder zweiten Korrektur-
element (CE1, TE1), sowie der Antenne (AT1) zusammen-
genommen eine weitgehend homogene SAR-Verteilung ($S(X,Y)$) über die Gesamtfläche ($L \cdot B$) der
dem Benutzer zugewandten Seite der Leiterplatte (LP) be-
trachtet resultiert.

5. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Korrektur-
element (CE1) mit der Masse der
Leiterplatte (LP) galvanisch verbunden ist.
6. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Korrektur-
element (CE1) an die Leiterplatte
(LP) kapazitiv oder induktiv angekoppelt ist.
7. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrektur-
element (TE1) mit dem ersten
Korrektur-
element (CE1) und/oder mit der Leiterplatte (LP)
galvanisch verbunden ist.
8. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrektur-
element (TE1) integraler Be-

standteil des ersten Korrekturelements (CE1) und/oder der Leiterplatte (LP) ist.

9. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 6, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Korrekturelement (TE3) separat vom ersten Korrekturelement (CE1) und/oder separat von der Leiterplatte (LP) vorgesehen ist.

10. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Korrekturelement (TE3) kapazitiv oder induktiv an das erste Korrekturelement (CE1) und/oder an die Leiterplatte (LP) gekoppelt ist.

11. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Korrekturelement (CE1) als eine Schleife ausgebildet ist, die sich teilweise oder ganz im wesentlichen entlang der Seitenränder (SRL, SRO, SRR, SRU) der Leiterplatte (LP) erstreckt.

12. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schleife für das erste Korrekturelement (CE1) im wesentlichen rechteckförmig ausgebildet ist.

13. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 11, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Korrekturelement (TE1) als eine mäanderförmige Schleifenstruktur oder in Form von ein oder mehreren Flächenelementen (TE2) ausgebildet ist.

14. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 12, dadurch gekennzeichnet,

dass das erste und/oder das zweite Korrekturlement (CE1, TE1) jeweils in einem vorgebbaren Höhenabstand (HA) zur Leiterplatte (LP) angeordnet sind.

- 5 15. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste und das zweite Korrekturlement (CE1, TE1)
im wesentlichen in derselben Lageebene positioniert sind.

10

16. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrekturlement (TE4) in einer Lageebene
angebracht ist, die von der Lageebene des ersten Korrektur-
15 turelements (CE4) verschieden ist.

20

17. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
15,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrekturlement (TE3) durch ein ESD-
Schutzelement (ESD= electrostatic discharge), insbesonde-
re durch ein metallisches Display-Fenster, gebildet ist.

30

18. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
16,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrekturlement (TE1) im wesentlichen
orthogonal zur Längserstreckung (L) des ersten Korrektur-
elements (CE1) verläuft.

35

19. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
17,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrekturlement (TE1) derart bezüglich
der Leiterplatte (LP), der Antenne (AT1), und/oder dem
ersten Korrekturlement (CE1) positioniert und dimensio-

niert ist, dass sich die minimale, resultierende SAR-Verteilung etwa bei der Resonanzfrequenz im Funkbetrieb der Antenne (AT1) ergibt.

- 5 20. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
18,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Korrekturelement (TE1) derart dimensioniert ist, dass die von ihm fiktiv eingeschlossene Bestückungsfläche der Leiterplatte (LP) höchstens dem 0,2 bis
10 0,5 -fachen des vom ersten Korrekturelement (CE1) fiktiv eingefassten Teils der Leiterplattenfläche (L B) entspricht.
- 15 21. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit
19,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste und/oder zweite Korrekturelement (CE1, TE1) im Höhenabstand (HA) zwischen 0,1 und 0,6 cm von der
20 Bestückungsfläche der Leiterplatte (LP) entfernt angeordnet sind.
22. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass an der Leiterplatte (LP) mindestens ein drittes zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturelement (ZV6) derart als Abstimm-Mittel angekoppelt und ausgebildet ist,
dass für einen auf der Leiterplatte (LP) etwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne (AT1)
30 hervorgerufenen elektrischen Strom (I1) eine gezielte, fiktive Stromwegverlängerung unter gleichzeitig weitgehender Beibehaltung der ursprünglich vorgegebenen Längs- und Querabmessungen der Leiterplatte (LP) bewirkt ist.
- 35 23. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,

dass das dritte Korrekturalelement (ZV6) im Bereich desjenigen stirnseitigen Endes der Leiterplatte (LP) angebracht ist, das dem stirnseitigen Ende der Leiterplatte (LP) mit dem Ankoppelbereich der Antenne (AT1) gegenüberliegt.

24. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 21 oder 22,

dadurch gekennzeichnet,

dass das dritte Korrekturalelement (ZV6) mäanderförmig ausgebildet ist.

25. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass das jeweilige, zusätzliche Korrekturalelement (CE1, TE1) derjenigen Bestückungsfläche der Leiterplatte (LP) zugeordnet ist, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers diesem zugewandt ist.

26. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass das jeweilige Korrekturalelement (CE1, TE1) auf der der Antenne (AT1) gegenüberliegenden Bestückungsseite der Leiterplatte (LP) angeordnet ist.

27. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass das jeweilige, zusätzliche Korrekturalelement (CE1, TE1) derart positioniert ist, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte (LP) im wesentlichen innerhalb einer

durch deren Seitenränder (SRL, SRR, SRO, SRU) aufgespannten Begrenzungsfläche liegt.

28. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 26,

5 dadurch gekennzeichnet,
dass das jeweilige, zusätzliche Korrekturalelement (CE1, TE1) in einem Raumbereich innerhalb, und/oder oberhalb, und/oder unterhalb, und/oder seitlich an der durch die Seitenränder (SRL, SRR, SRO, SRU) der Leiterplatte (LP)
10 aufgespannten Begrenzungsfläche als mindestens eine weitere Schicht angeordnet ist.

29. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 dadurch gekennzeichnet,
dass für das jeweilige Korrekturalelement (CE1) ein elektrisch leitfähiges Material, dielektrisches Material, und/oder magnetisch leitfähiges Material verwendet ist.

20 30. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass das jeweilige Korrekturalelement (CE1, TE1) durch ein oder mehrere drahtförmige Elemente, mindestens eine ein- oder mehrlagige, elektrisch leitfähige Folie, Beschichtung, und/oder durch ein sonstiges linienförmiges oder flächiges Element gebildet ist.

30. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30 dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein Korrekturalelement (CE1) durch mindestens eine Beschichtungslage in der Unter- und/oder Ober- schale des Gehäuses (GH) des Funkkommunikationsgeräts ge-
35 bildet ist.

31. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein Korrekturelement (CE1) in Stanz-
/Biegetechnik gefertigt und in einem vorgebbaren Höhenab-
stand (HA) über der Bestückungsfläche der Leiterplatte
(LP) angeordnet ist.
32. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Leiterplatte (LP) im wesentlichen rechteckförmig
ausgebildet ist.
32. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Antenne (AT1) als $\lambda/4$ -Antenne oder PIFA (Planar Inverted F)-Antenne ausgebildet ist, die zusammen mit der
Leiterplatte (LP) einen Strahlungsdipol bildet.
33. Leiterplatte (LP) mit mindestens einem zusätzlichen, SAR-Wert reduzierendem Korrekturelement für Funkkommunikationsgeräte nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Zusammenfassung

Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert

- 5 Zur SAR-Wertreduzierung ist in einem Funkkommunikationsgerät (MP) mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrektur-
element (CE1) derart bezüglich Leiterplatte (LP) und Antenne
(AT1) angekoppelt und ausgebildet, dass die Amplitudenhöhe
(IM1, NIM1) und/oder Phasenlage von elektrischen Strömen (I3,
10 I1, I2) auf der Antenne (AT1), der Leiterplatte (LP), und dem
Korrektur-
element (CE1) zueinander so eingestellt sind, dass
die sich aufgrund dieser Ströme resultierende SAR-Verteilung
minimal wird.

15 Figur 1

Fig. 1:

sign. Fig. 1

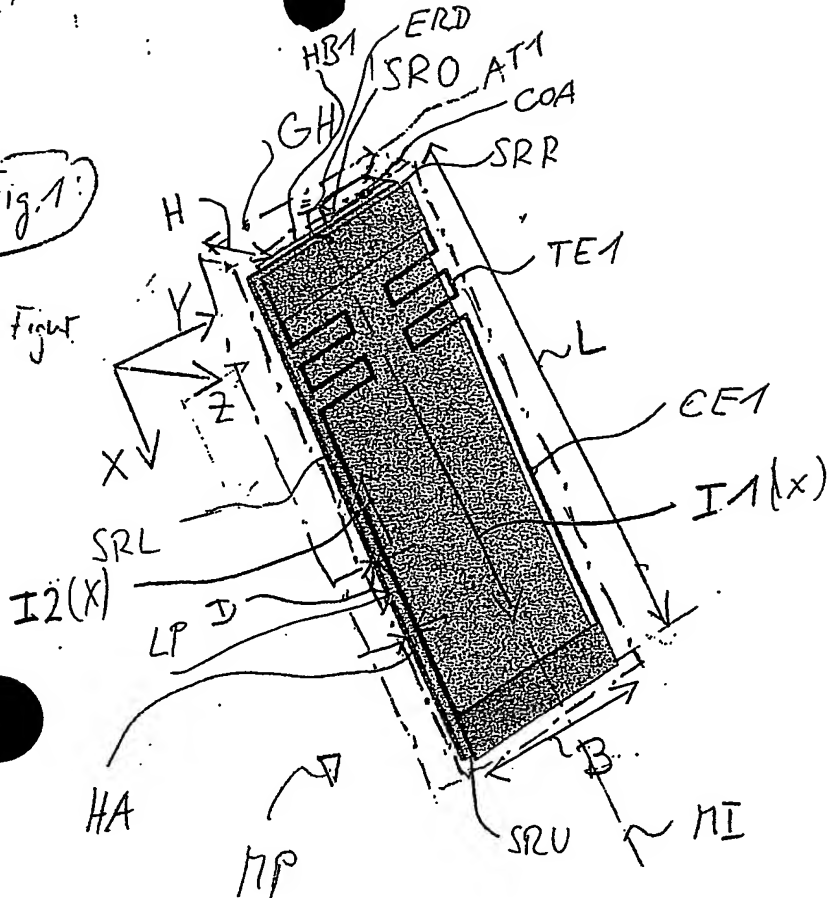


Fig 2:

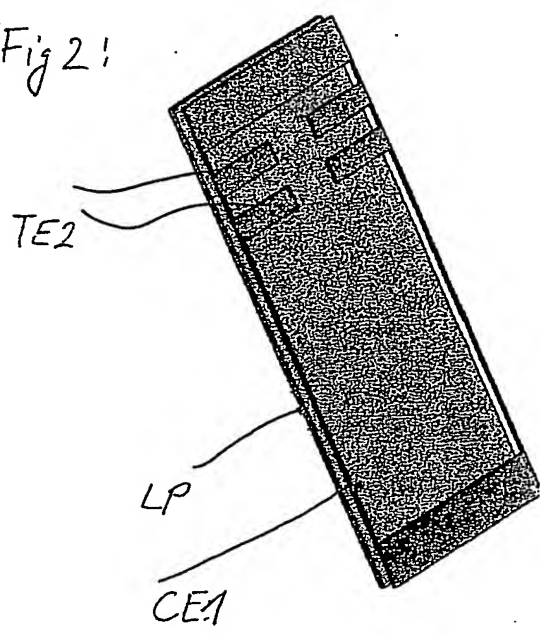


Fig 3:

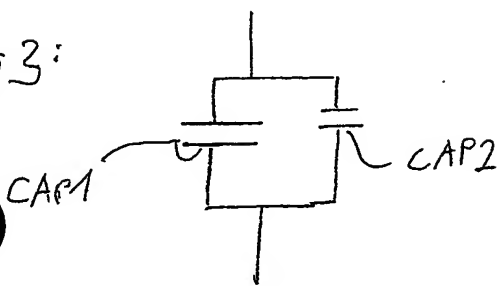
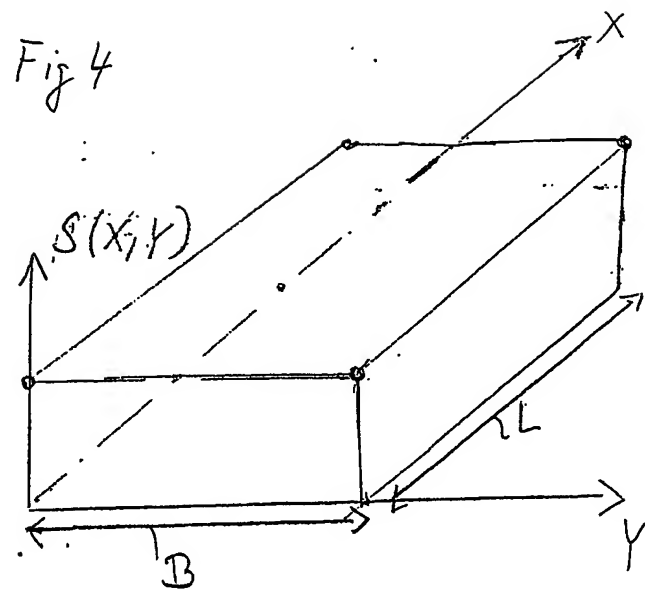


Fig 4



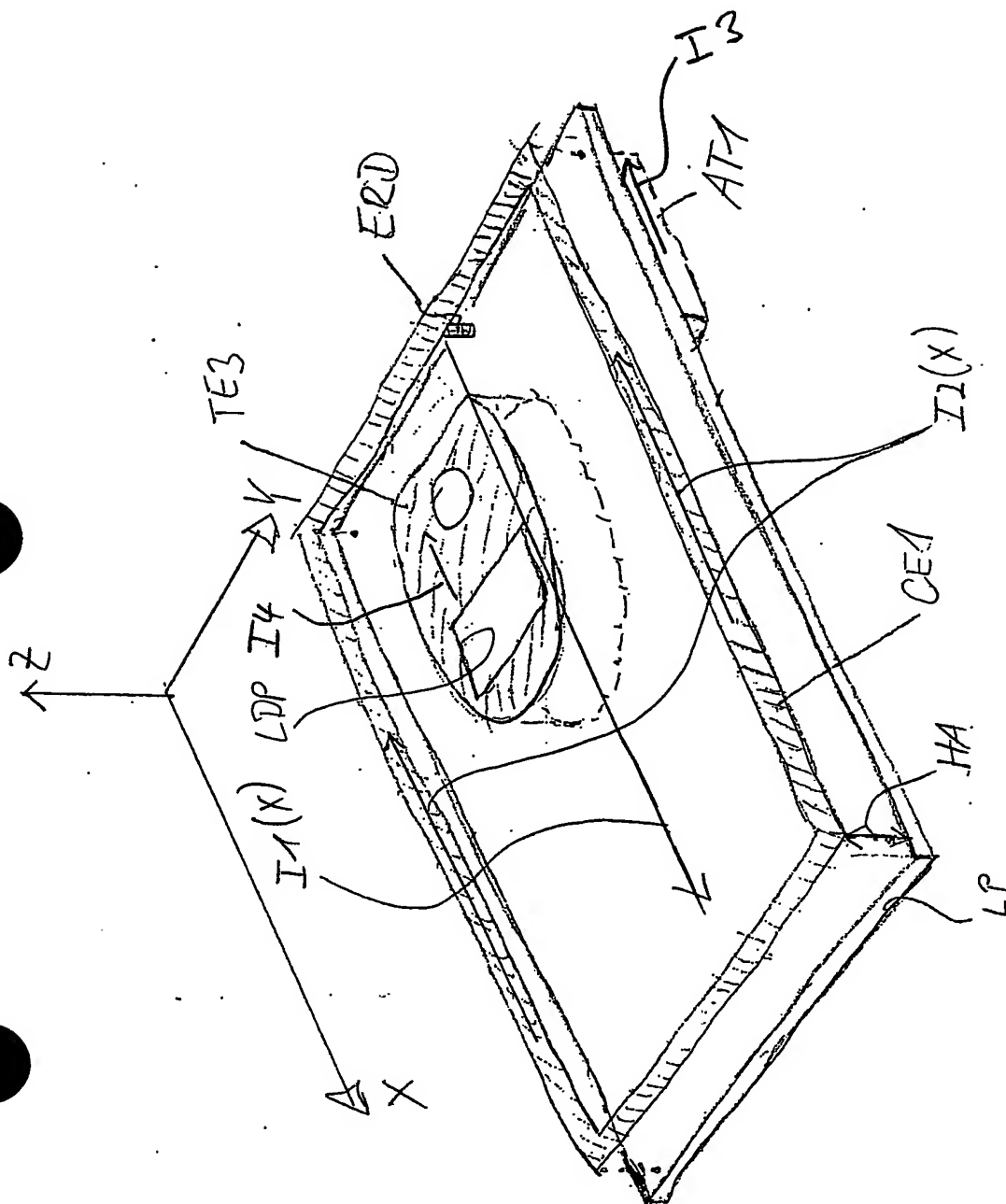


Fig. 5

FIG 6

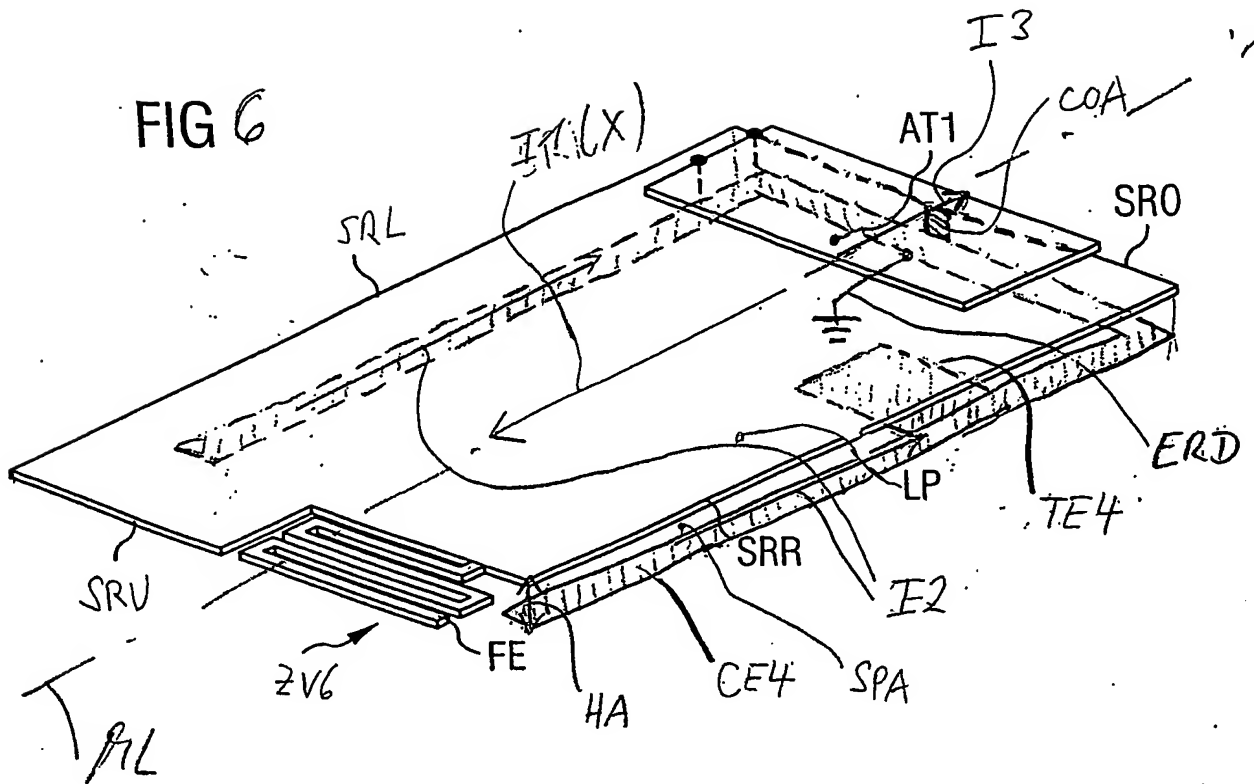


Fig-7

